拍卖的实验设计及其统计分析

■程振源　高鸿桢

拍卖是根据一系列规则，通过竞买人的竞价行为来决定商品的价格从而进行资源配置的一种市场机制。

拍卖的分类主要有两种：一种是根据标的物或拍卖品(即待出售商品)的价值对各竞买人是否完全相同来分，可以分为私人价值拍卖和共同价值拍卖。另一种是根据竞买人的出价方式的不同来分，可以分为公开叫价拍卖和密封拍卖。前者又分为英国式拍卖(特点是竞买人的叫价由低到高)和荷兰式拍卖(特点是拍卖商的叫价是由高到低直至有人应价为止)，后者又分为一级密封拍卖(特点是最高报价者中标且成交价为最高报价)和二级密封拍卖(特点是最高报价者中标但成交价为次高报价)。限于篇幅，本文只阐述私人价值拍卖中的英国式与荷兰式拍卖的理论及其实验。

理论与假设

英式拍卖与荷式拍卖是叫价拍卖中最常见的两种拍卖方式。

对于英式拍卖，Vickrey 认为：买受人为出价最高的竞买人，并且成交价位于竞买人的次高估价与最高估价之间。因为，当别人的出价高于某竞买人的估价时，他将停止叫价，直至没有任何一个潜在的竞买人肯出更高的价格。此时，最后一个出价必高于次高估价，否则就不是最后出价(如果最后一个出价低于次高估价，拥有次高估价的竞买人仍有利可图，所以他仍然会竞价)。结果，标的物被卖给了拥有最高估价的竞买人，即从购得该标的物中获得效用最大的竞买人，从而实现了资源的最优配置，也即实现了帕累托最优。

对于荷式拍卖，拍卖商的要价肯定是从高于任何一个竞买人估价的某个价位开始的，然后拍卖商的要价以一定的降幅逐渐降低，直至有竞买人应价为止。随着要价的下降，单个竞买人失去标的物的可能性在增加，同时潜在的收益也在增加。最优化要求竞买人在这两者之间做出权衡。因此，荷式拍卖的技术性很强，而且成交价依赖于每个竞买人的知识、估价以及其他竞买人的行为。荷式拍卖的成交价一定低于所有竞买人的最高估价，但不一定是帕累托最优。因为，如果要价低于次高估价而拥有最高估价的竞买人仍不应价，而是继续等待要价的进一步下降，那么他就有可能失去购得该标的物的机会，即标的物就有可能被拥有次高或更低估价的竞买人买走。

基于纳什均衡行为、期望收益最大化和竞买人估价服从均匀分布的假定，Vickrey (1961)对英式拍卖和荷式拍卖进行了比较分析。他认为，在这些假定条件下，英式拍卖和荷式拍卖的平均成交价是相等的，均为 m(N−1)/N+1，但英式拍卖成交价的方差要大于荷式拍卖成交价的方差。前者是 $Ve=2(N-1)/(N+1)^2(N+2)$，后者是 $V_d=(N-1)^2/N(N+1)^2(N+2)$。其中 N 为竞买人的人数。假定竞买人的估价服从[0,1]区间上的均匀分布。

为了用实验检验上述理论的正确性，他们提出以下假设：

令 Pe、P_d 分别为英式拍卖和荷式拍卖的成交价，p^0 为最优价(定义为竞买人的次高估价)。记 $Pe=Pe-p^0, p_d=p_d-p^0, Pe^*=EPeP_d^*=EP_d; H_0: Pe^*=0, p_d^*=0; H_0': P_e^*=P^*_d=m$，其中 $P^*_e=EPe, P_d^*=EP_d; H_0'': V_{ar}(P_e)=V_e>V_d=V_{ar}(p_d)$。

如果英式拍卖和荷式拍卖是等同的(所谓二者等同是指二者的平均成交价相同)，且二者均接近帕累托最优，那么就没有理由拒绝原假设 H_0，即认为这两种拍卖的成交价与次高估价的离差服从零均值分布。

如果 Vickrey 的假设能够满足，那么就不能拒绝原假设 H_0'，即认为英式拍卖与荷式拍卖的成交价均服从相同均值(即 m)的分布，也即二者等同。

如果 H_0(或 H_0')被 $P_e^*<p_d^*$(或 $P_e^*<p_d^*$)所拒绝，则对于拍卖人(即卖者)来说，选择荷式拍卖比选择英式拍卖更有利;如果 H_0(或 H_0')被 $P^*_e>p^*_d$(或 $P^*_e>p^*_d$)所拒绝，则对于拍卖人来说，选择英式折卖比选择荷式拍卖更有利。

实验设计

在叫价拍卖中，假定被拍商品只有一件(被拍品可以是虚似的)。参加实验的总共有 48 个被试，他们被分成 6 组，每组 8 人，每组参加一局拍卖实验。表 1 列示了每局拍卖中英式拍卖和荷式拍卖的顺序及相应回合数。第 1 局拍卖实验由 10 回合英式拍卖组成，第 3 局拍卖实验由 10 回合荷式拍卖组成;第 2 局拍卖实验依次由 5 回合英式拍卖、5 回合荷式拍卖及 5 回合英式拍卖所组成，第 4 回拍卖实验依次由 5 回合荷式拍卖、5 回合英式拍卖及 5 回合荷式拍卖所组成;第 5 局拍卖实验依次由 12 回合英式拍卖、12 回合荷式拍卖及 12 回合英式拍卖组成，第 6 局拍卖实验依次由 12 回合荷式拍卖、12 回合英式拍卖及 12 回合荷式拍卖组成。采用上述实验顺序的目的是为了考察实验结论是否受实验顺序因素的影响。

在每回合拍卖实验中，为了刺激被试对拍卖品(即标的物)的需求，实验者承诺:在第 t 回合实验中，如果被试 i 为买受人，实验者将给予 $V_i(i)$ 的现金奖励(此相当于被试对标的物的估价)。这样，被试 i 一旦成为买受人，其净盈利将是 $V_i(i)-P(t)$，其中 $P(t)$ 为第 t 回合的成交价。在每回合拍卖实验中，8 个竞买人的“估价”(即奖励现金)成等差数列，公差为$1.5，这些“估价”由实验者装在标有 a、b、c、d、e、f、g、h 的信封里，然后随机地分发给每个被试。每个被试知道自己的“估价”，但不知道其他被试的“估价”。每个被试在每回合拍卖实验中的净盈利被累计起来，在全部实验结束时予以支付。

每回合拍卖实验都是叫价进行，起始价由实验者指定以刺激被试踊跃竞价。在每回合英式拍卖实验中，起始价为低于最高“估价”$1.50 的某个价位;在每回合荷式拍卖实验中，起始价为高于最高“估价”$2.00 的某个价位，并且要价以每 7 秒下降$0.5 的速度减少。如果有两个被试同时应价，则以掷硬币的方式来决定谁是买受人。

为了检验 Vickrey 的假设 H_0' 和 H_0''

以及考察第1、2、3、4局拍卖结果的稳定性，他们设计了第5局和第6局拍卖实验。第5局（第6局）拍卖实验与第2局（第4局）拍卖实验相比有以下特点：(1)被试不同；(2)拍卖回合数更多；(3)每局拍卖实验中8个被试的“估价”从含有100个元素的集合{$0.10,$0.20,…,$9.90,$10.00}中随机抽取。

实验结果与统计分析

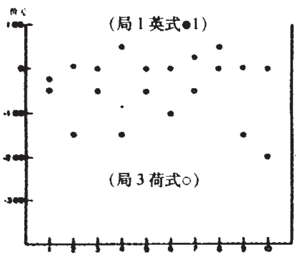

图1

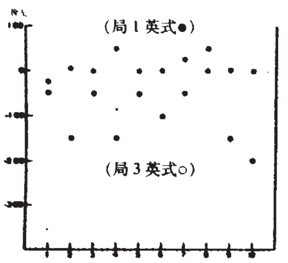

图2

1.第1–4局拍卖实验。图1、图2描绘了这4局拍卖实验的结果。横轴表示每局拍卖实验中各回合的序号，纵轴表示价差 $p(t)-p^0(t)$。其中 $p(t)$ 为第t回合英式或荷式拍卖实验的成交价，$p^0(t)$ 为第t回合英式或荷式拍卖实验中竞买人的次高估价。从图中可以看出：(1)英式拍卖与荷式拍卖是两种不等同的定价机制；(2)荷式拍卖的成交比英式拍卖低。从表1来看，平均来说，荷式拍卖的成交价比次高估价要低$0.80到$1.50，接近于第三高估价而不是次高估价。英工拍卖的成交价在低于次高估价$0.50到高于次高估价$0.45之间变化。

表1 各局拍卖实验成交价价差的均值和方差

实验局	荷式		英式		荷式		英式	
	均值	方差	均值	方差	均值	方差	均值	方差
1			0.106	0.0295				
2			–1.10	0.6437	–1.40	0.30	0.45	0.1375
3	–0.80	0.6778						
4	–1.50	1.875	–0.50	0.9688	–1.20	1.575		
5			0	0.0036	0.233	1.5988	0.038	0.0160
6	0.383	3.19	0.017	0.0320	–0.050	0.7645		

在以上第1–4局拍卖实验中，一共进行了50个回合的拍卖，除了第5回合以外，其它回合的拍卖均是帕累托最优，即买受人均是拥有是高估价的竞买人。此5回合非帕累托最优拍卖分别是：第1局1回合的英式拍卖，第2局第7、8、9、10回合的荷式拍卖。这5回合的买受人均是拥有次高估价的竞买人。如果以帕累托最优拍卖占的百分比作为衡量效率的尺度，那么荷式拍卖为84%有效，而英式拍卖为96%有效。显然，英式拍卖的效率高于荷式拍卖。

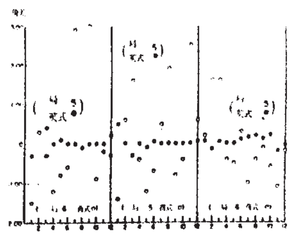
图3

2.第5–6局拍卖实验。为检验原假设 H_0' 和 H_0'' 而设计的第5、6局拍卖实验的结果见表1和图3。前面已经看到，在人为指定的具有相同间隔估价的第1–4局拍卖实验中，荷式拍卖的成交价显著地低于英式拍卖。但在估价随机取自于集合{$0.10,$0.20…,$10.00}的第5、6局拍卖实验中却没有呈现出这一明显趋势。通过图3与图1、2的比较不难看出，指定“估价”法似乎是影响其成交价的一个重要因素。但对于英式拍卖而言，由于在所有实验中，其成交几乎都接近于最优价，因此，指定“估价”的方法对其成交价的影响并不明显。通过比较表1中第1–4局和第5–6局实验的价差均值，这一结论可以得到进一步的证实。

表2 第5–6局拍卖实验成交价的均值和方差　单位：美元

实验局	荷式		英式		荷式		英式	
	均值	方差	均值	方差	均值	方差	均值	方差
5			7.08	3.272	7.83	1.515	7.688	2.704
6	7.42	1.083	7.68	1.627	7.67	0.4697		

表2给出了检验 H_0' 和 H_0'' 所需的数据。从中可以看出有两种趋势存在：一是荷式拍卖的平均成交价与英式拍卖的平均成交价有相等的趋势；一是荷式拍卖成交价的方差严格小于英式拍卖成交价方差的趋势。以第5–6局共36回合荷式拍卖实验为样本，成交价的样本方差 $S^2_d=0.994$；又以第5–6局共36回合英式拍卖实验为样本，成交价的样本方差 $S^2_e=2.444$。这两者的差异是显著的，从而为Vickrey模型提供了有力的证据。更为有趣的是 H_0'' 的 x^2 检验和 H_0' 的t检验。

由于N=8且第5–6局竞买人的“估价”随机取自集合{$0.10, $0.20, …,$10.00}，根据Vickiey模型，荷式拍卖成交价的理论方差 $v_d=(N-1)^2(10)^2/N(N+1)^2(N+2)=0.7562$，英式拍卖成交价的理论方差 $Ve=2(N-1)(10)^2/(N+1)(N+2)^2=1.7284$。

由于 $\frac{f_e.s_e^2}{0.7562}=46<x^2_{0.975}=52$，其中 f_d 为表3中荷式拍卖实验的总回合数减1，即 $fe=3\times12-1=35$，因此这36回合荷式拍卖成交价的方差 S^2_d 与理论方差 V_d 没有显著差异；类似地，由于 $f_e.s_e^2/1.7284=50.90<x_{0.975}=52$，其中 f_e 表3中英式拍卖实验的总回合数减1，即 $f_e=3\times12-1=35$，因此这36回合英式拍卖成交价的方差 S^2_e 与理论方差 V_e 的差异也不显著（$\alpha=0.05$）。

根据第5–6时段拍卖实验的条件，利用荷式拍卖和英式拍卖的理论平均成交价 $m=10(N-1)/(N+1)=7.78$，可以对 H_0' 进行检验。这两时段共36局荷式拍卖的平均成交价是 $\overline{P}_d=7.639$，与理论值7.78没有显著差异($t_d=-0.83$)；另36局英式拍卖的平均成交价是 $\overline{P}_e=7.496$，与理论值7.78也无显著差异($t_e=-1.06$)。

上述检验结果为Vickrey模型提供了强有力的支持。

在上述36回合荷式拍卖实验中有28局的买受人是拥有最高“估价”的竞买人，因而荷式拍卖帕累托有效率为 $\frac{35}{36}=97.20\%$。

结　论

1.荷式拍卖的成交价有小于或等于最优价的趋势。如果估价服从均匀分布，则荷式拍卖成交价的均值和方差与Vickrey纳什均模型预测的均值与方差无显者差异。

2.在所有英式拍卖实验中，成交价略高于最优价（但不显著）。这是因为出价被竞买人积进地抬起以致于产生了接近最高估价的过度出价。如果估价服从均匀分布，英式拍卖成交价的均值和方差与Vickrey模型预测的结果无显著差异。

作者单位/厦门大学计统系）

责任编辑/亦　民）